

Das Verhalten des Körperschwerpunktes während der kindlichen Entwicklung

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
in der gesamten Medizin der Hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität zu Marburg

vorgelegt von

Almut Köhler

aus Siegen/Westfalen

Marburg 1967

Das Verhalten des Körperschwerpunktes während der kindlichen Entwicklung

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
in der gesamten Medizin der Hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität zu Marburg

vorgelegt von

Almut Köhler

aus Siegen/Westfalen

Marburg 1967



Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Marburg am 29.6.1967

gedruckt mit Genehmigung der Fakultät
Dekan: Professor Dr. med. , Dr.med.dent.H .Heuser
Referent: Professor Dr.med.J.K. Dittrich
Correferent: Professor Dr.med.G.Hildebrandt

Gliederung:

- I. Einleitung
- II. Definition des Schwerpunktes
- III. Der Schwerpunkt und seine Bestimmung
in der älteren Literatur (Borellus,
Weber, Meyer, Harless, Braune und
Fischer, Croskey)
- IV. Neues röntgenologisches Verfahren zur
Bestimmung des Körperschwerpunktes
- V. Ergebnisse der Untersuchung bei Erwach-
senen und Foeten
- VI. Eigene Schwerpunktsbestimmung bei
Kindern
 - 1. a) Art der Durchführung
 - b) Messgenauigkeit
 - c) Untersuchungsgut
 - d) Berechnung eines Korrekturfaktors
 - 2. Untersuchungsergebnisse
 - 3. Statistische Auswertung
 - 4. Besprechung der Ergebnisse
- VII. Zusammenfassung
- VIII. Literaturverzeichnis

I. Einleitung

1964 wurde in der Marburger Strahlenklinik der Schwerpunkt mit einer röntgenologischen Methode an einem Kollektiv Erwachsener bestimmt und mit geringen Schwankungen in Höhe des ersten Sakralwirbels gefunden (9,27). Es wurden auch einige Foeten untersucht. Ihr Schwerpunkt lag unterhalb des Jugulums. Da der Unterschied dieser Schwerpunktslage zu der des Erwachsenen signifikant war, soll mit der vorliegenden Arbeit in einer weiteren Untersuchungsreihe der Schwerpunkt bei Kindern verschiedener Altersgruppen ermittelt werden, um einerseits die Verlagerung des Schwerpunktes zu verfolgen und andererseits festzustellen, ob eine Beziehung der Schwerpunktslage zur jeweiligen Entwicklungs- oder Wachstumsstufe des Kindes besteht.

II. Definition des Schwerpunktes

Man kann sich einen starren Körper aus einer Vielzahl von Massenpunkten oder Massenelementen zusammengesetzt denken. Auf alle diese Punkte wirkt die Schwerkraft der Erde. Ihre Größe entspricht dem Gewicht der in den Punkten vereinigten Masse. Die einzelnen Anziehungskräfte verlaufen zwar nicht genau parallel, doch wenn man die Größe des Erddurchmessers im Vergleich zu den geringen Dimensionen der Körper betrachtet, so kann man die Kraftlinien als praktisch parallel annehmen. Die unendliche Zahl der Kräfte läßt sich nun durch eine einzige ersetzen, die als Resultierende alle einzelnen Wirkungen der Schwere vereint. Sie ist das Gewicht des Körpers, der Angriffspunkt der Resultierenden, sein Schwerpunkt.

Die Bestimmung des Schwerpunktes beim Menschen kann - wie bei allen Körpern - experimentell, rechnerisch durch Anwendung des Momentensatzes oder zeichnerisch durch Konstruktion nach den Hebelgesetzen erfolgen. Die Gesetze der Mechanik lassen sich jedoch nicht ohne weiteres auf den menschlichen Körper übertragen, da dieser keine einheitlich starre Masse ist. So führen die Kreislauf- und die Darmtätigkeit, die Atmung und Formveränderungen der weichen Gewebe zu einer ständig wechselnden Lage des Körperschwerpunktes. Diese Auswirkungen auf die Schwerpunktslage sind aber unbedeutend und können vernachlässigt werden gegenüber solchen, die durch die verschiedenen Stellungen des Körpers, insbesondere seiner Gelenke, hervorgerufen werden. Es kann z. B. der Schwerpunkt bei Stellungsänderung innerhalb und außerhalb des Körpers liegen; eine Schwerpunktsbestimmung hat daher nur für eine bestimmte Haltung des Körpers Gültigkeit.

III. Der Schwerpunkt und seine Bestimmung in der älteren Literatur (4, 30, 12, 8, 5, 7)

Die Bestimmungsmethoden des Schwerpunktes sind schon recht alt. 1680 veröffentlichte der Mathematiker A. BORELLUS (4) zu Rom ein umfangreiches Werk "De motu animalium". In diesem Werk führte er zum ersten Mal die Lehren der Mechanik in die Medizin ein. Ausführlich untersuchte er die Bewegungs- und Gleichgewichtsgesetze des menschlichen Körpers, diejenigen der Vögel und Vierfüßler.

Die Methode zur experimentellen Bestimmung des Schwerpunktes beim Menschen wurde von ihm folgendermaßen beschrieben (s. Abb.): Er legte einen entkleideten Menschen in ausgestreckter Rückenlage auf ein Brett AB. Der Schwerpunkt des Brettes wurde senkrecht durch einen dreiseitig prismatischen Balken ED unterstützt. Gleichgewicht des Brettes trat immer dann ein, wenn die Stützkante des Balkens unter dem Punkte C stand, der zwischen den Gesäßbacken und Geschlechtsteilen lag. Punkt C war also der Schwerpunkt des ausgestreckt liegenden Menschen. "Corporis humani in directum extensi centrum gravitatis inter nates et pubim existit".

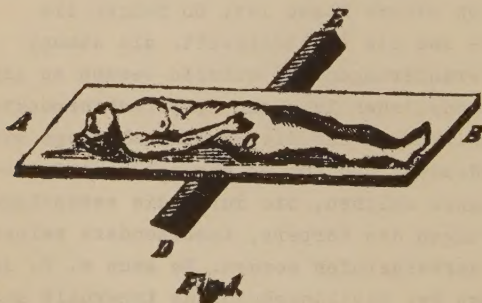


Abbildung 1: Versuchsanordnung der Schwerpunktsbestimmung bei A. BORELLUS (aus G. H. Meyer: Die wechselnde Lage des Schwerpunktes in dem menschlichen Körper. Leipzig, Engelmann 1863)

Im wesentlichen nach der gleichen Methode wiederholten die Brüder E. und W. WEBER (30) den Versuch der Schwerpunktsbestimmung beim Menschen. Auch sie äquilibrierten den auf ein Brett gelegten Körper auf einer horizontalen Kante. Bevor sich aber die Versuchsperson auf das Brett legte, wurde dieses ins Gleichgewicht gebracht. Dadurch wurde die Messung vom Brett völlig unabhängig. Nach Unterstützung der einen Hälfte des Brettes legte sich die entkleidete Versuchsperson in ausgestreckter Rückenlage so auf das Brett, daß der Schwerpunkt des Körpers noch auf die unterstützte Fläche des Brettes fiel. Langsam schob sich die Versuchsperson gegen das Brettende hin vor, bis letzteres das Übergewicht erhielt. In dieser Lage wurde vom Scheitel das Lot gefällt und die Stelle auf dem Brett markiert. Der Versuch wurde in gleicher Weise wiederholt, nachdem die Versuchsperson um 180 Grad auf dem Brett gedreht worden war. Da nun die eine Messung die Lage des Schwerpunktes um soviel zu hoch als die andere zu tief angab, halbierten die Brüder WEBER den Abstand der beiden bezeichneten Stellen und erhielten so den wahren Abstand des Schwerpunktes vom Scheitel. Sie fanden nach einer Reihe unabhängig von einander angestellten Messungen bei einem 166,9 cm großen Mann als Abstand vom Scheitel 72,15 cm, von der Ferse 94,77 cm. Der Schwerpunkt lag 8,7 cm über der queren Hüftgelenksachse und 11,2 cm über der Mitte der Körperlängsachse. Nachdem sie einem Leichnam das eine Bein abgenommen hatten, lag der Schwerpunkt etwa in Nabelhöhe, nach Abnahme beider Beine in Höhe des Schwertfortsatzes.

E. HARLESS (8) bestimmte zunächst nach der von WEBER angegebenen Methode den Körperschwerpunkt an einem 24 jährigen Mann. Er kam zu folgenden Ergebnissen: Bei einer Totalhöhe von 100 % war der Abstand vom Scheitel 41,4 %, von der Ferse 58,6 %. Die Differenz zwischen seiner und der Weberschen Messung betrug 1,8 % der Totalhöhe.

HARLESS versuchte die Horizontalebenen, in welchen die Schwerpunkte liegen, zu finden. Die dazu notwendige Trennung der Glieder führte er mit Rücksicht auf die statischen Momente der Gliedmaßen an der Grenze der Hebelarme aus und bestimmte dann nach der von BORELLUS angegebenen, aber wesentlich verfeinerten Methode (Balanciermethode) den Schwerpunkt der Einzelglieder. Dabei stellte er fest - wie später auch W. BRAUNE und O. FISCHER (5) - daß der Schwerpunkt der Einzelglieder die beiden Gelenkachsen bzw. Gelenkmittelpunkte im Verhältnis 4 : 5 (distal : proximal) teilt. Für den Rumpf berechnete er nach mathematischen Formeln den Schwerpunkt, indem er die obere Rumpfpartie als einen Kegel, die untere als einen Körper mit elliptischer Grenzfläche annahm. Durch konstruktives Zusammensetzen der statischen Momente der Einzelteile errechnete er den Gesamtschwerpunkt nach der Formel, die sich für die Bestimmung der Resultierenden aus Parallelkräften ableitet:

$$X = \frac{px + p_1x_1 + p_2x_2}{p + p_1 + p_2}$$

x = Abstand des Schwerpunktes von der Projektionsebene

p, p₁, p₂ = Gewichte der Massen

x, x₁, x₂ = die dazu gehörigen Abstände von der Projektionsebene

Seine durch Berechnung gefundenen Ergebnisse:
Totalhöhe 172,68 cm, Gewicht 63,8 kg. Bei einer
Totalhöhe von 100 % war der Abstand vom Scheitel
41,3 %, von der Ferse 58,6 %. Beide Resultate,
sowohl das durch direkte Bestimmung des Schwer-
punktes nach dem von WEBER angegebenen Verfahren
an einem 24 jährigen Mann (s.oben) gefundene als
auch das durch Berechnung an einer anderen Leiche
ermittelte, stimmten in auffallender Weise über-
ein.

- a) direkt : Höhe 165,5 cm
Abstand vom Scheitel 41,38 %
Abstand von der Ferse 58,61 %
b) indirekt : Höhe 172,6 cm
Abstand vom Scheitel 41,36 %
Abstand von der Ferse 58,63 %

Er folgerte daraus, daß eine Gesetzmäßigkeit in
der Verteilung der Massen im menschlichen Orga-
nismus vorliegen muß. Dafür sprach, daß der
Schwerpunkt bei verschiedenen Individuen nur ge-
ringen Schwankungen unterworfen war; ebenso wie-
sen die geringen Unterschiede, welche die Lage
der Schwerpunkte ganzer Extremitäten zeigte,
darauf hin. HARLESS führte weitere Untersuchungen
durch, deren Ergebnisse in folgender Tabelle zu-
sammengestellt sind.

Tabelle 1:

	Größe in cm	Abstand vom Schei- tel in cm	Abstand vom Scheitel bei Totalhöhe = 100 %
1 männliche Leiche	167,7	71,4	42,6 %
1 weibliche Leiche	160,5	71,0	44,2 %
1 weibliche Leiche	157,0	70,7	45,0 %
1 weibliche Leiche	167,4	73,15	43,6 %

Bei den untersuchten Erwachsenen lag der Schwerpunkt, gemessen in ausgestreckter Rückenlage, anatomisch im Bereich des Kreuzbeines. Er untersuchte auch Kinder und fand z.B. bei einem 6 $\frac{3}{4}$ jährigen Mädchen den Schwerpunkt in der Berührungsebene der Hüftbeinkämme; bei einem anderen Kind mit einem Scheitelabstand von 42,5 % lag er noch $\frac{1}{2}$ cm über dieser Ebene.

BORELLUS (4) und die BRÜDER WEBER (30) bestimmten für die Lage des Schwerpunktes zwei Ebenen:

1. Die Horizontalebene und 2. die von vorn nach hinten in senkrechter Richtung verlaufende Mittelebene. Da aber ein Raum- oder Körperpunkt durch drei Ebenen festgelegt ist, bemühte sich H. MEYER (12, 13, 14), auch noch die senkrechte Querebene des Körpers zu finden. Er benutzte dafür die aufrechte Haltung, die er später als "militärische" bezeichnete und beschrieb. Diese Ebene ermittelte er durch folgenden Versuch: Eine Versuchsperson führte ohne sonstige Veränderungen in der Haltung eine Vorwärtsneigung im Fußgelenk so weit aus, daß ein Umkippen um eine durch die Mittelpunkte der Metatarsusköpfchen beider großen Zehen gezogene Achse drohte. Anschließend wurde durch Streckung im Fußgelenk eine Rückwärtsneigung des Körpers bis zum Umkippen um den hinteren Rand der Ferse ausgeführt. "Hiermit war der Schwerpunkt über die ganze unterstützende Fläche des Fußes bewegt worden." Bei diesen Haltungen wurden Winkelmessungen vorgenommen, die zur Schwerpunktsbestimmung führten. MEYER fand den Schwerpunkt anatomisch im zweiten Kreuzbeinwirbel oder unmittelbar darüber im Canalis sacralis. Die vom Schwerpunkt ausgehende Schwerlinie verlief nach seinen Befunden bei einem mittelgroßen Individuum etwa drei Zentimeter vor der Verbindungslinie der Spitzen beider äußeren Knöchel und fünf Zentimeter hinter der Verbindungslinie der beiden Hüftgelenksmittelpunkte.

MEYERs Befunde haben nur für das ruhige Aufrechstehen Gültigkeit. Da der gemeinsame Schwerpunkt einer Anzahl beweglich verbundener Teile nur die Resultierende aus den Schwerpunkten aller dieser einzelnen Teile ist, so muß bei jeder Lage oder Stellungsänderung auch eine Verschiebung des Gesamtschwerpunktes eintreten. Es ist praktisch unmöglich, für die unendliche Zahl der Körperhaltungen den Schwerpunkt zu bestimmen. Um für eine gegebene Haltung den Schwerpunkt zu kennen, zerlegte H. MEYER den menschlichen Körper in die einzelnen Teile, die sich durch seine natürliche Gliederung ergeben. Für jeden dieser Teile bestimmte er den Schwerpunkt. Nach den Hebelgesetzen konnte er dann durch die gesetzmäßige Verschmelzung der Einzelschwerpunkte den gemeinsamen Schwerpunkt finden. Damit war es möglich, nicht nur den allgemeinen Schwerpunkt für eine bestimmte Haltung des Körpers festzulegen, sondern auch bei gegebener Stellung eines Teiles des Körpers und bei Kenntnis des allgemeinen Schwerpunktes die Lage der anderen Körperteile zu ermitteln. MEYER konstruierte eine große Zahl von Figuren in verschiedenen Haltungen und Stellungen und zeigte daran, wie außerordentlich wechselnd die Lage des Schwerpunktes je nach Haltung des Rumpfes oder nach Anordnung der Extremitäten ist.

Auch W. BRAUNE und O. FISCHER (5) bestimmten den Schwerpunkt in drei Ebenen. Ihre Methode war folgende: Um möglichst exakt zu sein, verwandelten sie den Körper durch Einfrieren in eine starre Masse. Darauf wurde der Körper oder ein Körperteil an drei verschiedenen Achsen (Metallstäben) aufgehängt. Sie bestimmten damit drei nahezu rechtwinklig aufeinander stehende Ebenen, in deren Schnittpunkt der Schwerpunkt liegen mußte. Der Körper pendelte um die runde Achse so lange, bis

sich der Schwerpunkt senkrecht unter der Achse eingestellt hatte. Mit zwei an der Achse angebrachten Senkelfäden wurde jedesmal die Ebene, in welcher der Schwerpunkt lag, bestimmt und die Linie, in der sie sich mit der Körperoberfläche schnitt, auf diese aufgetragen. Ihnen standen für ihre Untersuchungen vier männliche Leichen zur Verfügung.

Tabelle 2:

n	Größe in cm	Schwerpunkts- lage in Bezug auf das Pro- montorium	Schwerpunkts- lage in Bezug auf die quere Hüftgelenks- achse	anatomische Lage
1	169	-4,5 cm	-	2. KBW
2	170	-	-	nahe dem Pro- montorium
3	166	-	-	1. KBW
4	168,8	-2,1 cm	4,5 cm	3. KBW

n = Anzahl

KBW = Kreuzbeinwirbel

W. BRAUNE und O. FISCHER stellten fest, daß der Schwerpunkt einzelner Glieder auf einer Linie lag, die den Mittelpunkt des proximalen Gelenkes mit demjenigen des distalen verband. Beim Rumpf lag er ebenfalls auf der Längsachse, die die Mitte der Frontalachse des Atlanto-occipital-Gelenkes mit der entsprechenden Achse der beiden Hüftgelenke verband. Bei den Gliedmaßen fand er sich proximal von ihrer Mitte. Ihre Längsachse wurde durch den Schwerpunkt im Verhältnis 4 : 5 geteilt (s. Harless). Mit Hilfe dieser Gesetzmäßigkeit konstruierten BRAUNE und FISCHER eine aufrechte Körperhaltung. Bei dieser lagen alle Schwerpunkte mit Ausnahme der Füße in einer einzigen Frontalebene. Um eine Kontrolle für die Messungen der Schwerpunkte, sowohl der einzelnen Glieder als auch des

ganzen Körpers zu haben, wurden aus den Schwerpunktslagen der einzelnen Gliederabschnitte die Schwerpunktslagen der Gliedersysteme und des ganzen Körpers für die Normalstellung an einem Leichnam berechnet. Die Differenz zwischen Messwert und errechnetem Wert betrug 0,18 cm.

M. I. CROSEY und seine Mitarbeiter (7) bestimmten mit der von BORELLUS angegebenen, aber verfeinerten Methode die Lage des Schwerpunktes bei 100 Probanden. Er wurde in % der Körperlänge angegeben, die er über der Standebene lag. In der ersten Versuchsreihe wurden mögliche Fehlerquellen, wie sie z.B. bei Nichteinhalten bestimmter Versuchsbedingungen entstehen, ermittelt. Als solche wurden erkannt: Nahrungsaufnahme, Kleidung, unkorrekte Haltung. Im einzelnen ergab sich dabei: Nahrungsaufnahme führte zu einer geringen Änderung der Schwerpunktslage, so daß sie vernachlässigt werden konnte. Die Kleidung, natürlich teilweise mit beträchtlichen Unterschieden je nach Art, führte zu einer Abweichung, die 0,23 % der Körperlänge ausmachte. Bei unkorrekter Haltung betrug die Änderung 0,32 % der Körperlänge.

In einer zweiten Versuchsreihe wurde der Schwerpunkt an 100 Probanden (50 Männer, 50 Frauen) im Alter von 19 - 25 Jahren in folgender Lage bestimmt:

1. Rückenlage mit streng an den Körper angelegten Armen
 2. Rückenlage mit gebeugten Knien
 3. Rückenlage mit über den Kopf erhobenen Armen
 4. Rückenlage mit Kombination von 2. und 3.
- Für die Lage 1 ergaben sich folgende Ergebnisse, die in einer Tabelle zusammengetragen wurden.

Tabelle 3:

Schwerpunktslage in % der Körperlänge	Männer	Frauen	Männer + Frauen
54	0	9	9
55	9	18	27
56	24	17	41
57	16	4	20
58	1	2	3

Der Schwerpunkt lag im Durchschnitt 55,4 % der Körperlänge bei den Frauen, 56,8 % der Körperlänge bei den Männern über der Standebene (Standardabweichung $\pm 1,09$ % und $\pm 0,234$ %).

Es bestand keine signifikante Korrelation zwischen der Lage des Körperschwerpunktes einerseits und der Körpergröße andererseits. Für die Lage 2 ergaben sich folgende Werte (in Beziehung zur Lage 1):

Die Abnahme der Körperlänge betrug 21,09 %.

Der Schwerpunkt wurde dabei nach cranial durchschnittlich um 4,5 % verschoben. Für die Lage 3 (in Beziehung zur Lage 1):

Zunahme der Körperlänge um 21,76 %. Verschiebung des Schwerpunktes nach cranial um 3,2 %. Für die Lage 4 (in Beziehung zur Lage 1):

Verschiebung des Schwerpunktes nach cranial um 7,3 %.

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse der einzelnen Autoren:

Tabelle 4:

Autoren	Untersuchungs- gut	Lage des Schwer- punktes über der Standebene in % der Körperlänge	anatomische Lage
BORELLUS	1 männl. Leiche		inter nates et pubim
WEBER	1 männl. Leiche	56,8 %	-
HARLESS	1 männl. Leiche	58,6 %	Kreuzbein
	1 männl. Leiche	57,3 %	-
	1 weibl. Leiche	55,8 %	-
	1 weibl. Leiche	55,0 %	-
	1 weibl. Leiche	56,3 %	-
	1 kindl. Leiche	57,8 %	Berührungs- ebene der
	1 kindl. Leiche	57,5 %	Hüftbein- kämme
MEYER	1 männl. Leiche		S ₂
BRAUNE	1 männl. Leiche	-	S ₂
und	1 männl. Leiche	-	S ₁
FISCHER	1 männl. Leiche	54,8 %	S ₃
	1 männl. Leiche	-	nahe dem Pro- monitorium
CROSKEY	50 männl. Probanden	56,18 %	-
	50 weibl. Probanden	55,44 %	-
	20 weibl. Probanden	56,50 %	-

männl. = männlich

weibl. = weiblich

kindl. = kindlich

S₂ = 2. Sacralwirbel

S₁ = 1. Sacralwirbel

S₃ = 3. Sacralwirbel

IV. Neues röntgenologisches Verfahren zur Bestimmung des Körperschwerpunktes

1962 wurde in der Marburger Strahlenklinik eine Schwerpunktsbestimmung an 53 Probanden nach einem 1956 von H. J. SÜSSE (27,9) entwickelten Verfahren durchgeführt. Die von BORELLUS angegebene Brettmethode wurde mit den Möglichkeiten der Röntgendiagnostik verbunden. Die Lage des Schwerpunktes konnte auf verschiedene Weise sichtbar gemacht werden : 1. Befindet sich das Brett mit der Versuchsperson im Gleichgewicht, so lag der Schwerpunkt des Probanden senkrecht über der die Mitte des Brettes unterstützenden Stahlwelle. Diese Stelle wurde mit dem Farbstift markiert. 2. Bei der mittelbaren röntgenologischen Methode wurde auf die mit dem Farbstift markierte Stelle ein Bleiplättchen gelegt und Aufnahmen mit frontalem und sagittalem Strahlengang wurden angefertigt. Die im Film abgebildete Bleimarke ließ die Lage des Schwerpunktes erkennen und machte eine Zuordnung zum Skelettsystem möglich. 3. Die unmittelbare röntgenologische Bestimmungsmethode erwies sich als die genaueste. Der Proband verließ nach der Austarierung das Brett nicht. Der unter das Brett gelegte Film wurde durch die genau senkrecht über der Stahlwelle stehenden Röntgenröhre belichtet. In der Aufnahme mit sagittalem Strahlengang war die Stahlwelle = Transversalebene des Schwerpunktes zu erkennen. Die kaudalen Wirbelkörper ließen sich besser aus einer Aufnahme mit frontalem Strahlengang der Transversalebene zuordnen. Hierzu wurde die Röntgenröhre seitlich in Höhe des liegenden Probanden gebracht. Auf der gegenüberliegenden Seite befand sich die Filmkassette. Vor dem Feinraster ragte ein schmaler Metallstab nach oben, dessen Fußpunkte genau über der Mitte der Stahlwelle lag. Der dünne Metallstab bildete sich

auf der entwickelten Aufnahme in der sichtbaren Wirbelsäule ab. Bei den letztgenannten Verfahren wurden die Gonaden durch Bleiblechplatten geschützt.

V. Ergebnisse der Untersuchung bei Erwachsenen und Foeten.

Es wurden 27 Männer und 26 Frauen nach der angegebenen Methode untersucht. Die Durchschnittsgröße der Männer betrug 171,3 cm, die der Frauen lag bei 157,8 cm. Das Durchschnittsgewicht der Männer war 68,5 kg, das der Frauen 68,0 kg. Bei den Männern lag der Schwerpunkt nach der unmittelbaren röntgenologischen Methode zwischen 55,9 % und 58,5 % über der Standebene (Körpergröße = 100 %), Schwan-
kungsbreite 2,6 %, Standardabweichung $\pm 0,49$ %; bei den Frauen zwischen 53,7 % und 59,5 %, Schwan-
kungsbreite 5,8 %, Standardabweichung $\pm 1,36$ %.

Sowohl die mittelbare wie unmittelbare röntgenologische Bestimmungsmethode ließ eine genaue Aussage über die Lage des Schwerpunktes zu. Bezog man die Transversalebene auf die in gleicher Ebene gelegenen Wirbelkörper, so lag der Schwerpunkt bei den Männern zu

18,5 % in Höhe von L_5

59,5 % in Höhe von S_1

18,5 % in Höhe von S_2

3,5 % in Höhe von S_3

bei den Frauen zu

30,8 % in Höhe von L_5

26,9 % in Höhe von S_1

26,9 % in Höhe von S_2

15,4 % in Höhe von S_3

L_5 = 5. Lendenwirbel

S_1 = 1. Sacralwirbel

S_2 = 2. Sacralwirbel

S_3 = 3. Sacralwirbel

Der Häufigkeitsgipfel von nahezu 60 % in Höhe von S_1 fehlte bei den Frauen. Möglicherweise konnte diese Differenz aus der unterschiedlichen Kreuzbeinstellung und -krümmung bei Mann und Frau erklärt werden. Es wurde deshalb als neuer Bezugspunkt die hintere obere Kante des ersten Kreuzbeinwirbels gewählt. Es fand sich nun eine ähnliche Verteilung für beide Geschlechter, indem das Maximum der Meßwerte sowohl bei den Männern (88,8 %) als auch bei den Frauen (73,1 %) zwischen 0 - 4 cm unterhalb der oberen hinteren Kante von S_1 lag. Der Mittelabstand der transversalen Schwerpunkts-ebene zur oberen hinteren Kante von S_1 betrug bei den Männern 2,16 cm, bei den Frauen 2,2 cm. Der Schwerpunkt lag bei den Männern durchschnittlich 12,5 cm, bei den Frauen 10,8 cm oberhalb der Mitte der Körperlängsachse. Bei den Frauen lag der Schwerpunkt der queren Hüftgelenksachse etwas näher.

Trotz erheblicher Unterschiede in Größe, Gewicht und Geschlecht der Probanden zeigte der Schwerpunkt eine relativ konstante Lage. "Das alles spricht für eine Korrelation hinsichtlich der Stärke und Verteilung des Gewebeansatzes und der Körperflüssigkeiten im Rahmen des Gesamtkörpers "(9).

Lage des Schwerpunktes bei Foeten

SÜSSE (27) bestimmte auch die Lage des Schwerpunktes bei Foeten. Bei einem 14,5 cm langen Foeten wurde der Schwerpunkt in Höhe des Jugulums, bei einem Foeten von 19,0 cm in Höhe des 3. Thoracalwirbels gefunden, während die Mitte der Körperlänge bei L_1 lag. Am Ende der Schwangerschaft lag er in Höhe der Herzspitze, die Mitte der Körperlänge dicht über der Nabelebene.

Die starken Differenzen der Schwerpunktslage bei Foeten, Neugeborenen und Erwachsenen waren der Anlaß zur Durchführung der vorliegenden Untersuchungsreihe, um das Verhalten des Schwerpunktes

auch während der kindlichen Entwicklung zu verfolgen. Es wurden Neugeborene und Kinder bis zum 15. Lebensjahr einschließlich nach der Brettmethode untersucht. Auf die röntgenologische Bestimmung wurde verzichtet, um die Kinder keinen ionisierenden Strahlen auszusetzen.

VI. Eigene Schwerpunktsbestimmung bei Kindern

1. a) Art der Durchführung

Zur Schwerpunktsbestimmung wurde das von SÜSSE und Mitarbeitern 1962 benutzte Brett übernommen. Es handelt sich dabei um ein zwei Meter langes, 40 cm breites und 4 cm starkes Brett, das in der Mitte durch eine Stahlwelle von 2 cm Durchmesser, die an der Unterseite des Brettes in einer entsprechenden Rille liegt, unterstützt wird. Brett und Stahlwelle ruhen auf zwei mit entsprechenden Rillen versehenen Holzblöcken, die eine Höhe von 20 cm haben und auf einer gemeinsamen dünnen Holzplatte befestigt sind. Vor jeder Messung wird das Brett auf der Stahlwelle in die Waagerechte gebracht. Diese Lage wird durch zwei Holzquader, die unten und oben unter das Brett geschoben werden, fixiert. Zur Schwerpunktsbestimmung wird das unbedeckte Kind in ausgestreckter Rückenlage mit an den Körper gehaltenen Armen auf das Brett gelegt und so lange verschoben, bis - nach Entfernen der Quader - wiederum Gleichgewicht eingetreten ist. Die Transversalebene des Schwerpunktes liegt nun senkrecht über der Stahlwelle und wird durch ein über der Mitte des Brettes laufendes mit Kohle angefarbtes Bändchen auf dem Rücken des Kindes markiert. Um den Scheitel- und Fersenabstand zur Transversalebene zu bestimmen (= Mitte des Brettes = Mitte der Stahlwelle), wird vom Scheitel und der Ferse aus das Lot auf das Brett gefällt, nachdem dieses zuvor wieder durch die Holzquader festgestellt

worden war. Hat das Kind des Brett verlassen, so wird der Scheitel- und Fersenabstand zur Mitte des Brettes ausgemessen und zur Körpergröße in Beziehung gesetzt. Durch Palpation der auf dem Rücken des Kindes markierten Stelle wird die anatomische Lage des Schwerpunktes dem in gleicher Höhe verlaufenden Wirbelkörper zugeordnet.

Für Säuglinge und Kleinkinder erwies sich das Brett in der obigen Größenordnung als zu träge. Zur Untersuchung dieser Kinder wurde deshalb ein 1,50 m langes, 40 cm breites und 2 cm starkes Brett verwandt.

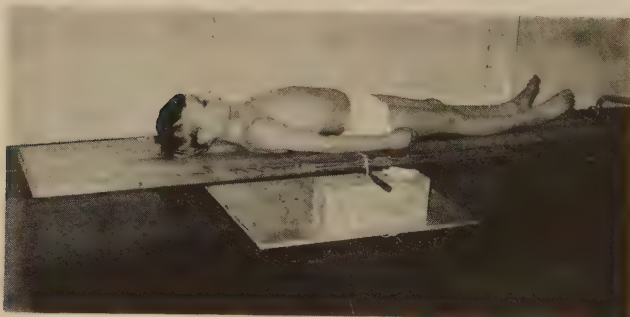


Abbildung 2:
Schwerpunktsbestimmung bei Kindern.
Versuchsanordnung.

b) Meßgenauigkeit

Wiederholte Messungen an ein und demselben Kind nach einigen Tagen zeigten, daß sich der Schwerpunkt nur unwesentlich verschoben hatte. Im Durchschnitt betrug die Abweichung von der Erstmessung $1,3 \text{ cm} = 1,5 \%$.

c) Untersuchungsgut

Die Schwerpunktsbestimmung wurde an Kindern in der Rekonvaleszenz durchgeführt. Ausgenommen waren Kinder mit ausgeprägten Mikro- oder Hydrozephalus, mit ausgedehnten intraabdominellen Tumoren oder körperlich Mißgebildete, da durch diese Faktoren die Lage des Schwerpunktes beeinflusst wird.

d) Berechnung eines Korrekturfaktors

Eine Schwierigkeit bei Säuglingen und Kleinkindern bestand darin, sie in ruhiger und vorschriftsmäßiger Rückenlage auf dem Brett zu halten. Es mußten deshalb einige Kinder mit Chloralhydrat leicht sediert werden. Auch danach hatten alle Säuglinge und einige Kleinkinder die Arme im Ellenbogengelenk gebeugt und nach oben geschlagen. Da die Schulkinder in ausgestreckter Rückenlage mit streng an den Körper gehaltenen Armen gemessen wurden, mußten, um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, die Meßergebnisse der Säuglinge und Kleinkinder korrigiert werden. Der Korrekturfaktor wurde nach einer Schwerpunktsbestimmung an drei toten Kindern gefunden.

Bei ihnen wurde der Schwerpunkt in Rückenlage

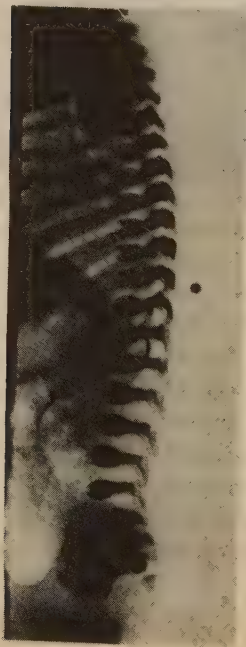
a) mit streng an den Körper anliegenden Armen und

b) mit hochgeschlagenen Armen bestimmt. Die Messungen zeigten, daß die Schwerpunktslage bei anliegendem Arm im Mittel $0,7 \text{ cm}$ tiefer lag als bei hochgeschlagenem Arm. Wird der in Lage b gemessene Scheitelabstand $= 100 \%$ gesetzt, so entspricht die Differenz von $0,7 \text{ cm} = 3 \%$. Um den Scheitelabstand in Lage a zu erhalten, müssen diese 3% in cm zum Scheitelabstand der Lage b addiert werden.

Abbildung 3 a:
Lage des Schwerpunktes
in Höhe des 10.-11.BWK
bei einem toten Neuge-
borenen. Mittelbare
röntgenologische Me-
thode.



Abbildung 3 b:
Seitliche Aufnahme des-
selben Neugeborenen.



2. Untersuchungsergebnisse

Der Körperschwerpunkt wurde bei insgesamt 106 Kindern bestimmt. Es waren 18 Neugeborene, 12 Säuglinge, 30 Kleinkinder und 46 Schulkinder. Die Lage des Schwerpunktes wird in % der Körpergröße angegeben, die er über der Standebene liegt (Körpergröße = 100 %).

Das Durchschnittsgewicht der 18 Neugeborenen (1.- 28. Lebenstag) betrug 3310 g, die Durchschnittsgröße 49,8 cm. Der Körperschwerpunkt lag im Mittel 57,6 % über der Standebene. Anatomisch entsprach dieser Wert am häufigsten dem 10. Brustwirbelkörper. Bei einem Frühgeborenen mit einer Körperlänge von 46 cm lag er in Höhe des 9. BWK. Einzelergebnisse sind in Tabelle 5 enthalten:

Tabelle 5:

Zahl	Gewicht in g	Gesamt- länge in cm	Fersen- abstand in cm	Schwerpunkts- lage über Stand- ebene in %	anato- mische Lage
1	3700	55,0	33,4	58,9	11.BWK
2	2680	46,0	26,4	57,4	9.BWK
3	3190	48,0	27,9	58,0	10.BWK
4	2600	48,0	28,5	59,4	10.BWK
5	3130	53,0	31,4	59,2	11.BWK
6	4110	53,0	29,4	55,5	11.BWK
7	3450	50,0	28,5	57,0	10.BWK
8	3550	48,0	27,0	56,3	11.BWK
9	3320	49,0	26,9	54,9	10.BWK
10	3730	51,0	28,4	55,7	10.BWK
11	3360	50,0	28,9	57,8	10.BWK
12	2970	50,0	29,9	59,8	10.BWK
13	3120	50,0	28,4	56,8	10.BWK
14	3400	50,0	28,4	56,8	10.BWK
15	3520	50,0	29,9	59,8	10.BWK
16	2880	47,0	28,0	59,6	9.BWK
17	3610	49,0	27,9	57,0	10.BWK
18	3200	50,0	28,4	56,8	10.BWK

BWK = Brustwirbelkörper

Die 12 Säuglinge (2. - 12. Lebensmonat) hatten ein Durchschnittsgewicht von 6213 g bei einer Durchschnittslänge von 62,6 cm. Bei ihnen lag der Schwerpunkt mit 57,8 % über der Standebene. Anatomisch wurde er zwischen dem 11. BWK und 1. LWK gefunden. Einzelwerte enthält Tabelle 6:

Tabelle 6:

Zahl	Gewicht in g	Gesamt- länge in cm	Fersen- abstand in cm	Schwerpunkts- lage über Standebene in %	anato- mische Lage
1	8070	73,0	43,6	59,7	1.LWK
2	5720	64,0	38,3	59,1	12.BWK
3	5180	60,0	35,8	59,7	11.BWK
4	5500	62,5	35,3	58,1	12.BWK
5	9090	69,0	39,1	56,7	1.LWK
6	7300	70,0	42,2	60,3	1.LWK
7	6060	60,0	33,8	56,3	12.BWK
8	5540	59,0	32,8	55,9	12.BWK
9	3790	54,0	31,1	57,6	11.BWK
10	5400	55,0	30,3	55,0	11.BWK
11	5230	55,0	31,3	56,9	11.BWK
12	7680	70,0	41,2	58,9	1.LWK

LWK = Lendenwirbelkörper

BWK = Brustwirbelkörper

Das Durchschnittsgewicht der 30 Kleinkinder (2.- 6. Lebensjahr) betrug 13,5 kg bei einer Durchschnittsgröße von 93,5 cm. Hier lag der Schwerpunkt 56,8 % über der Standebene, anatomisch zwischen dem 1. und 5. LWK. Einzelergebnisse sind in Tabelle 7 zusammengestellt:

Tabelle 7

Zahl	Gewicht in kg	Gesamt- länge in cm	Fersen- abstand in cm	Schwerpunkts- lage über Standebene in %	anato- mische Lage
1	9,2	75,0	43,1	57,5	1. LWK
2	9,6	78,0	44,6	57,1	2. "
3	8,2	78,0	45,1	57,8	2. "
4	9,8	75,0	41,6	56,5	1. "
5	8,0	74,5	41,4	56,9	1. "
6	7,9	74,0	43,5	58,8	1. "
7	7,4	71,0	41,1	57,9	1. "
8	11,6	85,5	47,2	56,4	2.-3. "
9	10,5	82,0	45,5	55,5	2.-3. "
10	10,2	87,0	49,5	56,9	3. "
11	11,7	89,0	51,0	57,3	3. "
12	12,9	89,0	48,5	54,5	3. "
13	11,7	88,0	49,7	56,5	3. "
14	13,7	88,5	51,0	57,7	3. "
15	12,4	92,8	52,8	56,8	4. "
16	12,3	97,1	57,4	59,2	4. "
17	13,9	93,0	51,5	55,3	3. "
18	15,1	99,6	56,6	56,8	4. "
19	14,9	101,5	58,0	57,1	5. "
20	16,1	102,5	58,5	57,0	5. "
21	22,1	102,6	56,8	56,8	5. "
22	15,7	102,7	57,8	56,2	5. "
23	14,7	103,1	59,1	56,4	5. "
24	15,8	103,7	57,7	55,6	5. "
25	17,1	106,5	60,5	56,8	5. "
26	17,0	107,1	60,4	56,4	5. "
27	19,6	108,0	61,0	56,4	KBW
28	17,5	112,5	63,5	56,5	"
29	17,5	116,7	68,8	58,9	"
30	23,0	121,0	68,0	56,2	"

LWK = Lendenwirbelkörper

KBW = Kreuzbeinwirbel

Die 46 Schulkinder (7.-15. Lebensjahr) hatten ein Durchschnittsgewicht von 36,9 kg bei einer Größe von 140,8 cm. Der Schwerpunkt lag 55,9 % über der Standebene. Anatomisch fand er sich in Höhe der Kreuzbeinwirbel mit Übergang in die Sacralwirbelkörper. Einzelmeßwerte sind in Tabelle 8 aufgeführt:

Tabelle 8

Zahl	Gewicht in kg	Gesamt- länge in cm	Fersen- abstand in cm	Schwerpunkts- lage über Standebene in %	anato- mische Lage
1	35,7	139,0	76,3	54,8	KBW
2	26,1	139,0	80,0	57,3	"
3	27,0	138,0	79,5	57,6	"
4	26,0	138,3	78,3	56,6	"
5	34,7	137,9	76,6	55,5	"
6	33,7	137,7	75,5	54,8	"
7	23,6	137,0	77,5	56,6	"
8	30,7	137,3	78,0	56,8	"
9	29,6	136,3	76,1	55,8	"
10	28,9	136,0	75,5	55,5	"
11	26,9	134,0	74,7	55,8	"
12	30,4	134,3	74,6	55,5	"
13	31,0	129,9	73,2	56,3	"
14	25,8	127,8	70,3	55,0	"
15	32,8	128,4	70,8	55,1	"
16	23,0	126,2	71,7	56,8	"
17	23,8	125,1	71,4	57,0	"
18	22,7	124,3	70,1	56,3	"
19	39,2	124,7	68,2	54,6	"
20	24,1	122,4	69,4	56,7	"
21	25,0	122,3	68,7	56,1	"

Zahl	Gewicht in kg	Gesamt- länge in cm	Fersen- abstand in cm	Schwerpunkts- lage über Standebene in %	anato- mische Lage
22	22,7	120,1	67,5	56,2	KBW
23	20,7	118,8	68,3	57,4	"
24	18,5	116,5	67,0	57,6	"
25	50,0	171,2	95,0	55,4	SWK
26	42,8	157,2	88,3	56,2	"
27	67,0	163,6	91,2	55,7	"
28	44,9	158,6	89,3	56,3	"
29	47,2	164,6	90,6	55,0	"
30	70,9	157,0	86,8	55,2	"
31	37,0	155,3	85,5	55,0	"
32	40,7	154,4	86,0	55,7	"
33	49,0	153,2	83,3	54,3	"
34	39,4	153,5	87,5	57,0	"
35	46,4	151,2	83,7	55,4	"
36	41,5	150,3	85,0	56,5	"
37	61,1	150,5	81,5	54,1	"
38	32,7	142,0	80,0	56,3	"
39	41,8	141,1	79,6	56,5	KBW
40	37,4	143,0	79,2	55,4	"
41	33,0	146,7	85,7	58,4	"
42	44,5	144,6	78,7	54,6	"
43	31,4	146,2	82,0	56,0	SWK
44	34,7	148,1	84,4	56,9	"
45	36,8	148,6	83,5	56,1	"
46	46,1	144,7	80,0	55,2	"

KBW = Kreuzbeinwirbel

SWK = Sacralwirbelkörper

3. Statistische Auswertung

Die Mittelwerte der gefundenen Schwerpunktslagen zeigen bei einem Vergleich nur geringen Unterschied. Um zu prüfen, ob die Unterschiede zufällig oder wahrscheinlich sind, wurde die statistische Berechnung nach den Gesetzen der sogenannten Normalverteilung (Gauss-Laplace) durchgeführt. Zunächst wurde die Standardabweichung der Einzelwerte vom gefundenen Mittelwert nach der Formel $\sigma = \sqrt{\frac{\sum x^2}{n} - \bar{x}^2}$ berechnet. Die Standardabweichung des Mittelwertes M findet man nach $\sigma_M = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$. Nach Berechnung der Differenz zweier Mittelwerte $D = M - M'$ wird die Standardabweichung dieser Differenz $\sigma_D = \sqrt{\sigma_M^2 + \sigma_{M'}^2}$ bestimmt. Die Abweichung t gibt an, wie weit der Unterschied zweier Mittelwerte nur "auffällig" oder signifikant ist $t = \frac{D}{\sigma_D}$. Für den betreffenden Freiheitsgrad $M (M = N + N' - 2)$ wird in der t -Tabelle der zugehörige p -Wert aufgesucht. p zeigt an, wie groß die Wahrscheinlichkeit ist, daß der Unterschied zweier Mittelwerte lediglich auf Zufall beruht. Ist $p = 0,05$, so liegt für biologische Fragestellungen eine ausreichende Signifikanz vor.

Die Mittelwert der gefundenen Schwerpunktslagen wurden auf ihre Signifikanz untersucht. Bei einem Vergleich der Mittelwerte von Neugeborenen und Säuglingen war $p > 0,05$, d.h. der Unterschied ist nur zufällig und damit eine Signifikanz ausgeschlossen. Die Mittelwerte der Neugeborenen und Säuglinge für die Schwerpunktslage konnten daher zu einem einzigen Mittelwert zusammengefaßt werden. Bei der Gegenüberstellung des Mittelwertes von Neugeborenen und Säuglingen mit dem der Kleinkinder ergab sich ein $p < 0,05$, mit dem der Schulkinder ein $p < 0,01$. In beiden Fällen ist damit der Unterschied statistisch gesichert, die Differenz signifikant. Ein Vergleich des Mittelwertes der Kleinkinder mit dem der Schulkinder ergab ebenfalls einen signifikanten Unterschied $p < 0,001$.

Zusammenfassung der Befunde in einer Tabelle

Tabelle 9

	Neugeb.	Säugl.	Kleink.	Schulk.
n	18	12	30	46
D-Gewicht in kg	3,3	6,2	13,5	36,9
σ	± 0,38	± 1,493	± 4,187	± 10,65
D-Länge in cm	49,8	62,6	93,5	140,8
σ	± 2,22	± 6,582	± 13,77	± 13,22
Schwpl.ü. Standebene (Körperl.= 100 %)	57,6	57,8	56,8	55,9
σ	± 1,497	± 1,744	± 1,063	± 0,983
Anatom. Lage	9.-11.BWK	11. BWK - 1.LWK	1.-5.LWK	KWK SWK

Neugeb. = Neugeborene

Säugl. = Säuglinge

Kleink. = Kleinkinder

Schulk. = Schulkinder

n = Anzahl

D-Gewicht = Durchschnittsgewicht

D-Länge = Durchschnittslänge

Schwpl. ü.Standebene = Schwerpunktslage über der
(Körperl. = 100 %) Standebene (Körperlänge =
100 %)

Anatom. Lage = Anatomische Lage

σ = Standardabweichung

BWK = Brustwirbelkörper

LWK = Lendenwirbelkörper

KWK = Kreuzbeinwirbelkörper

SWK = Sacralwirbelkörper

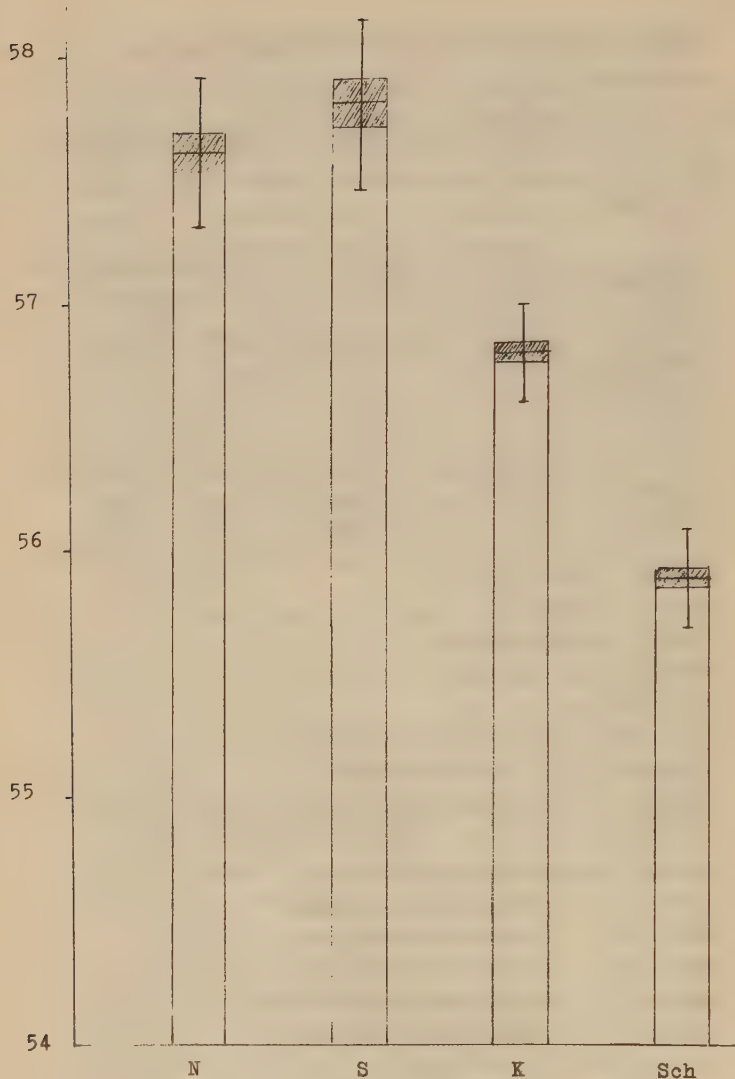


Abbildung 4: Graphische Darstellung der Schwerpunktslagen über der Standebene (Körperlänge = 100 %).

N = Neugeborene

S = Säuglinge

K = Kleinkinder

Sch = Schulkinder

Mittelwert — Streubereich des Mittelwertes 

Streubereich des Einzelwertes 

4. Besprechung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Untersuchungsreihe lassen erkennen, daß der Schwerpunkt während der kindlichen Entwicklung nach caudal verlagert wird. Bei Neugeborenen und Säuglingen liegt er mit 57,7 % der Körpergröße über der Standebene am höchsten. Ein signifikanter Unterschied der Mittelwerte der Schwerpunktslagen der Neugeborenen und Säuglinge fehlt. Weder die Körpergröße und das Körpergewicht noch aber das Einsetzen der statischen Entwicklung mit dem Aufrichten, dem Sitzen, dem Krabbeln und Kriechen führt bei den Säuglingen zu einer Verlagerung des Körperschwerpunktes. Bei Kleinkindern liegt der Schwerpunkt 56,8 % über der Standebene. Die signifikant nachweisbare Verlagerung des Körperschwerpunktes beim Übergang vom Säuglings- zum Kleinkindalter erfolgt zur Zeit der entscheidenden statischen Änderung des Aufrichtens zum Stand. Bei den Schulkindern liegt der Schwerpunkt mit 55,9 % über der Standebene am tiefsten. Dies unterschiedlich signifikante Verhalten der Schwerpunktslage zu der des Kleinkindes kann Ausdruck der auffälligen Proportionsänderung von der fülligen breit-kurz wirkenden Kleinkindform mit Überwiegen des großen Kopfes und breiten Rumpfes bei kleinen Extremitäten zu den schmaleren Körperformen des Schulkindes sein.

Die Änderungen der Schwerpunktslagen lassen sich auch nach Projektion der Transversalebene auf die Wirbelsäule verfolgen. Anatomisch liegt der Schwerpunkt bei Neugeborenen am häufigsten in Höhe des 10. BWK. Im Laufe der Entwicklung verlagert er sich kontinuierlich caudalwärts: Bei Säuglingen findet er sich in Höhe des 11. BWK - 1. LWK, bei Kleinkindern in Höhe des 1.- 5. LWK, bei Schulkindern in Höhe des Kreuzbeinwirbel- und Sacralwirbelkörpers.

HARLESS führte an zwei Kindern von etwa sechs Jahren eine Schwerpunktsbestimmung durch und gab die anatomische Lage in Höhe der Berührungsebene der beiden Hüftbeinkämme an. Diese Angabe stimmt mit den eigenen Untersuchungsergebnissen bei Kindern gleichen Alters überein.

Eine Abhängigkeit des Schwerpunktes vom Körpergewicht zeigte sich nicht. Es wurden mehrfach Kinder mit einer generalisierten Adipositas untersucht. Bei ihnen war die Schwerpunktslage die gleiche wie bei normalgewichtigen, gleichaltrigen Kindern. Auch nach Gewichtsreduzierung änderte sich die Schwerpunktslage nicht.

Ein unterschiedliches Verhalten des Schwerpunktes bei Jungen und Mädchen fand sich nicht.

Ähnlich wie beim Erwachsenen zeigt der Schwerpunkt bei Kindern eine relativ konstante Lage, indem er zwischen 55,9 % und 57,8 % der Körperlänge über der Standebene nur geringen Schwankungen unterworfen ist. Es läßt sich dennoch ein deutlich unterschiedliches Verhalten der Schwerpunktslagen in den verschiedenen Altersstufen des Kindes ablesen, die Ausdruck der vielfältigen Entwicklungs- und Wachstumsvorgänge im Kindesalter sind.

VII. Zusammenfassung

Ausgehend von der Feststellung, daß der Schwerpunkt bei Foeten von 19 cm Länge in Höhe des 3. Thoracalwirbels, am Ende der Gravidität in Höhe der Herzspitze liegt, wurde das Verhalten des Schwerpunktes während der kindlichen Entwicklung beobachtet. Die Bestimmung wurde nach der im Prinzip von BORELLUS angegebenen Brettmethode ausgeführt. Die Markierung der Transversalebene des Schwerpunktes auf dem Rücken des Kindes machte eine Zuordnung zu dem in gleicher Höhe verlaufenden Wirbelkörper möglich. Es wurden Kinder jeder Altersstufe untersucht.

Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte nach der statistischen Berechnung nach den Gesetzen der Normalverteilung (Gauss-Laplace).

Bei den Neugeborenen lag der Schwerpunkt 57,6 %, bei den Säuglingen 57,8 %, bei den Kleinkindern 56,8 % und bei den Schulkindern 55,9 % der Körperlänge über der Standebene. Nach Projektion der Transversalebene auf die Wirbelsäule wurde der Schwerpunkt bei Neugeborenen in Höhe des 9.-11. BNK, bei Säuglingen in Höhe des 11. BNK - 1. LWK, bei Kleinkindern in Höhe des 1.-5. LWK und bei Schulkindern in Höhe der Kreuzbein- und Sacralwirbelkörper gefunden.

Für die Verlagerung des Schwerpunktes in der Kindheit können die statische Entwicklung, die beim Kleinkind zur aufrechten Körperhaltung führt, und die Proportionsänderung von der Kleinkind- zur Schulkindform mitverantwortlich gemacht werden.

VIII. Literaturverzeichnis

- (1) Abderhalden, E.: Lehrbuch der Physiologie, Band IV. Berlin - Wien Urban und Schwarzenberg 1927.
- (2) Bennholdt - Thomsen, C.: Das gesunde Kind und sein Wachstum. In H. Opitz und B. De Rudder: Paediatric. Ein Lehrbuch für Studierende und Ärzte. Berlin 1957.
- (3) Bois - Raymond du, R.: Die Grenzen der Unterstützungsfläche beim Stehen. Archiv für Anatomie und Physiologie. Leipzig : Veit und Co 1900.
- (4) Borellus, A.: De motu animalium. Rom 1676 (zitiert nach G.H. Meyer).
- (5) Braune, W. und Fischer, O.: Über den Schwerpunkt des menschlichen Körpers mit Rücksicht auf die deutschen Infanteristen. Abhandlung d. Kgl. Sächs. Ges. d. Wissenschaften, math.-physiol. Classe 26. Leipzig 1890.
- (6) Brock, J.: Biologische Daten für den Kinderarzt. Berlin - Göttingen - Heidelberg : Springer 1954.
- (7) Croskey, M. I., Dawson, P. M., Luessen, A. C., Marohn, I. E., Wright, H. E.: The Hight of the Center of Gravity in Man. The American Journal of Physiology 61. 1922.
- (8) Harless, E.: Die statischen Momente der menschlichen Gliedmaßen. Abhandlung der math.- phys. Klasse d. Kgl. Bayer. Akademie der Wissenschaften 8. 1860.
- (9) Hering, R.: Der Schwerpunkt des menschlichen Körpers und seine röntgenologische Bestimmung. Diss. Marburg 1964.
- (10) Hottinger, A. und Berger, H.: Moderne Probleme der Paediatric. Basel, S. Karger, New York 1962.
- (11) Linneweh, F.: Die physiologische Entwicklung des Kindes. Springer 1959.

- (12) Meyer, G. H.: Die wechselnde Lage des Schwerpunktes im menschlichen Körper. Leipzig: Engelmann 1863.
- (13) Meyer, G. H.: Statik und Mechanik des menschlichen Knochengerüsts. Leipzig: Engelmann 1873.
- (14) Meyer, G. H.: Das aufrechte Stehen. Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medizin 20. Berlin - Leipzig: Veit und Co 1853.
- (15) Mollier, S.: Plastische Anatomie. J. F. Bergmann: München 1924.
- (16) Müller - Pouillets, J.: Lehrbuch der Physik. Braunschweig: Vieweg und Sohn 1906.
- (17) Peiper, A.: Die Eigenart der kindlichen Hirntätigkeit. Leipzig 1956.
- (18) Peter, K., Wetzels, G., Heiderich, F.: Handbuch der Anatomie des Kindes. München J. F. Bergmann 1938.
- (19) Physiologisches Praktikum. Herausgegeben von den Mitarbeitern des Physiol. Instituts der Universität Marburg. 1957.
- (20) Prader, A.: Wachstum und Entwicklung. In Klinik der inneren Sekretion. Berlin - Springer 1957.
- (21) Schlesinger, E.: Das Wachstum des Kindes. Berlin - Springer 1926.
- (22) Scholz, E.: Die Bedeutung des extrazellulären Flüssigkeitsvolumens für die wachstumsgesetzliche Sonderstellung des Säuglingsalters. Zeitschrift für Kinderheilkunde 84, 1960.
- (23) Scholz, E.: Die Dynamik des Wachstums. München: J. A. Barth 1963.
- (24) Scholz, E.: Zum Problem des sog. Habituswandels im Schulkindalter. Zeitschrift für Kinderheilkunde, 80, 1958.
- (25) Schreiber, D.: Die Körper der kindlichen Konstitutionstypen vom 6. - 10. Lebensjahr. Diss. Bonn 1958.

- (26) Stratz, C. H.: Wachstum und Proportionen des Menschen vor und nach der Geburt. Archiv für Anthropologie. Braunschweig 1909.
- (27) Süsse, H. J.: Die röntgenologische Bestimmung des Körperschwerpunktes und ihre Bedeutung. Deutscher Röntgenkongress 1964. Stuttgart : Thieme 1965.
- (28) Tanner, J. M.: Wachstum und Reifung des Menschen. Stuttgart : Thieme 1962.
- (29) Watson, E. H., Lowery, G. H.: Growth and Development of Children. Year-Book. Med.- Pupl. Chicago 1962.
- (30) Weber, W. und E.: Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge. Göttingen : Dieterich 1836.
- (31) Westphal, W. H.: Lehrbuch der Physik. Berlin - Göttingen - Heidelberg. Springer 1964.
- (32) Wiesener, H.: Einführung in die Entwicklungsphysiologie des Kindes. Berlin - Göttingen - Heidelberg. Springer 1964.
- (33) Zeller, W.: Entwicklungsdiagnose im Jugendalter. J. A. Barth. 1938.
- (34) Zeller, W.: Konstitution und Entwicklung. Psychol. Rundschau, Göttingen 1952.
- (35) Zeller, W.: Wachstum und Reifung in Hinsicht auf Konstitution und Erbanlage. Handbuch der Erbbiologie des Menschen. Springer 1940.

Herrn Professor Dr. med. Dittrich danke
ich herzlich für die Überlassung des
Themas und seine freundliche Unterstützung
bei der Fertigstellung der Arbeit.

Lebenslauf:

Am 1. August 1939 wurde ich als Tochter des damaligen Studienassessors Karl Köhler und seiner Ehefrau Hanna geb. Ivert in Siegen/Westfalen geboren. 1940 wurde unsere Familie nach Dargun in Mecklenburg evakuiert . Ich besuchte dort ab 1946 die Volksschule . 1947 übersiedelten wir nach Bethel/Bielefeld. 1948 kehrten wir nach Siegen zurück. Dort ging ich von 1950-53 zum Mädchengymnasium und besuchte nach der Versetzung meines Vaters nach Laasphe /Wittgenstein das Aufbaugymnasium , das ich Ostern 1959 nach bestandenem Abitur verließ. Zum Sommersemester 1959 immatrikulierte ich mich an der Medizinischen Fakultät der Philipps-Universität Marburg. Dort legte ich nach 11 Semestern im Februar 1965 das medizinische Staatsexamen ab. Nach dem Examen begann ich meine Doktorarbeit in der Universitätskinderklinik in Marburg. Zur Zeit befinde ich mich in der Ausbildung als Medizinalassistentin in Bethel.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren
Professoren und Dozenten in Marburg:

Beckmann, Berendes , Bickel , Bock , Braun-Falko,
Bücher , Dimroth , Dittrich , Dölle , du Mesnil
de Rochemont , Eggstein , Exner , Gedigk , Gross ,
Grüter , Hamm , Hartmann , Hensel , Heuser ,
Hildebrandt , Hornung , Huber , Jakob , Kessler ,
Knauff , Kottmeyer , Lang , Linneweh , Löhr, Mahr ,
Mann , Martini , Marx , Mattes , Maurath , Müller ,
Neubauer , Niessing , Nieth , Oksche , Öhme ,
Öhmig , Petry , Rodenhäuser , Salfeld , Sauer ,
Schlegel , Schleyer , Schmid , Schmitz , Schölme-
rich , Schrappe , Schwaiger , Seidel , Siegert ,
Siess , Stein , Straub , Streicher , Walcher ,
Waller , Wendt , Würterle.

